



# Biokerosin im Luftverkehr – ein Überblick

Gemeinschaft ehemaliger Lufthansaer, Frankfurt, 13. November 2015

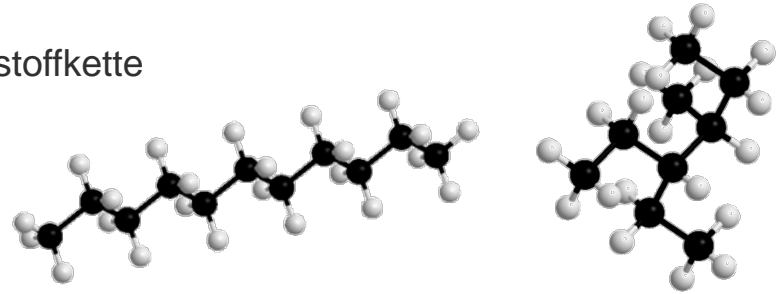
Dr. Alexander Zschocke, FRA CP/U



# Die Hauptkomponenten von Jet A-1

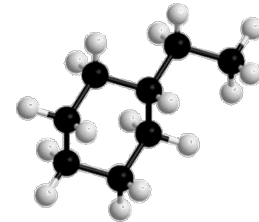
## ▪ Alkane ( $C_n H_{2n+2}$ )

- Gesättigte (keine Doppelbindungen) Kohlenwasserstoffkette
- N-Alkane (geradkettig) und iso-Alkane (verzweigt)
- Hoher Energiegehalt bei geringer Dichte
- Saubere Verbrennung
- Geringe Reaktionswilligkeit, daher lagerstabil



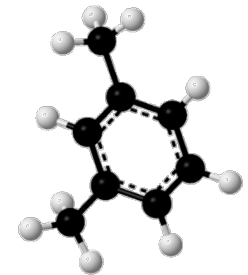
## ▪ Cycloalkane ( $C_n H_{2n}$ )

- Gesättigte ringförmige Kohlenwasserstoffketten
- Verglichen mit Alkanen höhere Dichte, niedrigerer Energiegehalt, niedrigerer Gefrierpunkt



## ▪ Aromaten

- Ungesättigte ringförmige Kohlenwasserstoffketten
- Verglichen mit Alkanen höhere Dichte, aber geringerer Energiegehalt pro Masse
- Unsaubere Verbrennung, fördert Russbildung und Kohleablagerungen
- Lassen Dichtungen aufquellen und halten sie so dicht

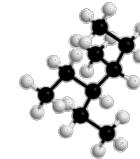
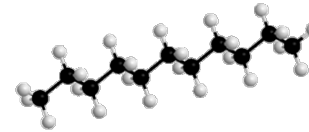


# Herkömmliche Biokraftstoffe

- FAME (“Biodiesel“)
  - Ist Fettsäuremethylester
  - Enthält Doppelbindungen
  - Enthält Sauerstoff
  - Wirkt lösend
  - Ist hydrophil
  - Gefrierpunkt knapp unter 0°
  
- Ethanol
  - Ist ein Alkohol, chemische Formel  $C_2 H_6 O$
  - Sauerstoffanteil an Masse 35%
  - Wirkt korrosiv
  - Wirkt lösend
  - Ist hydrophil
  
- Für Einsatz in Flugzeug nicht geeignet

# Biokerosin

- Bisher drei zugelassene Arten von Biokerosin
  - FT (Fischer-Tropsch)
  - HEFA (Hydrotreated Esters and Fatty Acids)
  - SIP (Synthesized Iso-Paraffins produced from Hydroprocessed Fermented Sugars)
- Bestehen aus Substanzen, die im konventionellen Kerosin enthalten sind
  - FT und HEFA ganz überwiegend n- und iso-Alkane
  - SIP praktisch nur C<sub>15</sub> iso-Alkane
- Aufgrund fehlender Aromaten nur als Mischungsbestandteil im Kerosin zugelassen
  - Maximal zulässiger Anteil von FT und HEFA 50%
  - Maximal zulässiger Anteil von SIP 10%



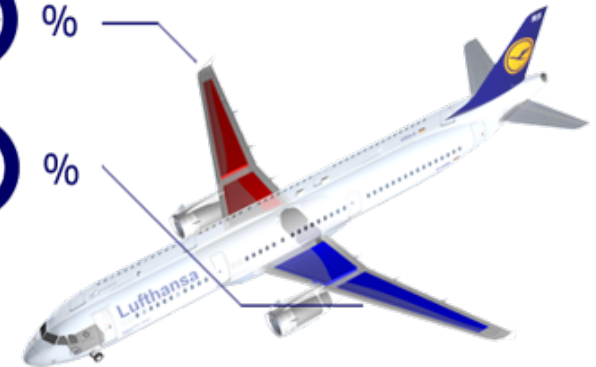
# Erfahrungen mit HEFA: Das burnFAIR-Projekt von Lufthansa

- Durchgeführt 2011
- Weltweit erste Langzeiterprobung von Biokerosin
- Täglich vier Umläufe HAM-FRA-HAM eines A321 für rund sechs Monate
- Betankung nur in Hamburg, unter Einhaltung der normalen zum Turnaround verfügbaren Zeit
- Betrieb eines Triebwerks mit einem Anteil von 50% HEFA-Biokerosin
- Teilweise finanziert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie



# Risikomanagement

- Inhärente Sicherheit durch Einsatz des Biokerosingemisches nur in einem Triebwerk
- Streckenführung mit niedrigem Risiko
  - Frankfurt und Hamburg Standorte der LH Technik
  - Unter Risikogesichtspunkten vorteilhaft:
    - \* Keine Streckenführung über Wasser
    - \* Mehrere Alternates zwischen Frankfurt und Hamburg
- Erster Flug mit Biokerosingemisch 12. Juli 2011 ohne Passagiere
- Hierbei Simulation des Auftretens von Störungen
  - Start des Triebwerks im Flug
  - Gravity feed
- Glatter Verlauf des Fluges ohne Besonderheiten



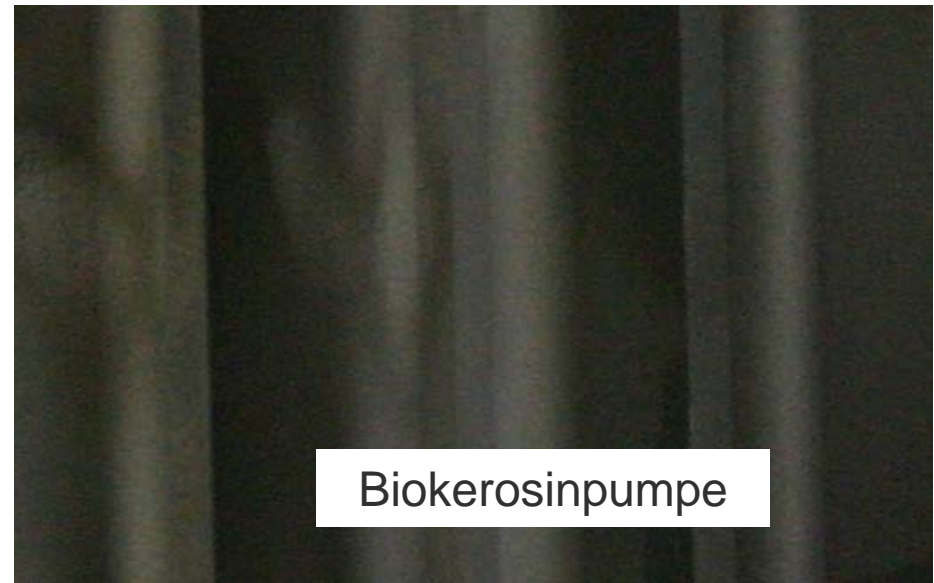
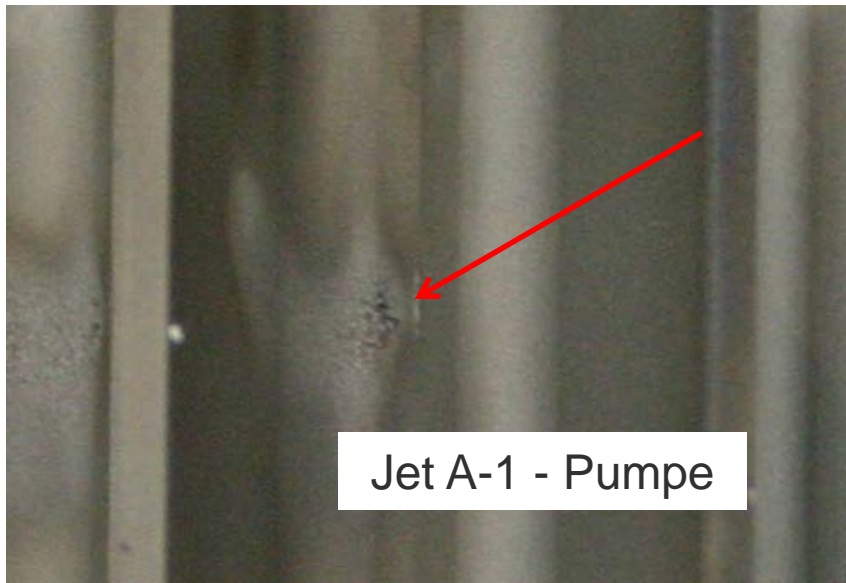
# Die flugbetriebliche Erprobung

- Erster Linienflug am 15. Juli 2011
- Letzter Flug am 27. Dezember 2011
- Insgesamt durchgeführte Flüge: 1.187
- Treibstoffverbrauch:  
1.557 t der Biokerosinmischung
- Intensive Untersuchung während und nach der Erprobung
- Keine negativen flugbetrieblichen Auswirkungen
  - Treibwerksüberwachung durch ECM während Betriebsphase ohne Befund
  - Keinerlei Auffälligkeiten bei boroskopischer Untersuchung des Triebwerks
  - Keine negativen Befunde bei nach Erprobungsende ausgebauten treibstoffführenden Teilen
  - Lagerstabilität des Gemisches, keine mikrobielle Kontamination, keine Entmischung
  - Normale Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit des Gemisches
  - Noch zu klären: Hydrophob gewordener Filter an Tankfahrzeug



## Einziger relevanter Befund: Weniger Kavitationen

- Pumpenschaufeln der mit konventionellem Kerosin betriebenen Treibstoffpumpe weisen normales Ausmaß an Kavitationsschäden auf
- Positive Überraschung an der Biokerosinseite: Sichtbar weniger Kavitationsschäden an den Pumpenschaufeln, noch keine offenporigen Beschädigungen
- Ursache vermutlich höhere Siedekurve der Biokerosinmischung





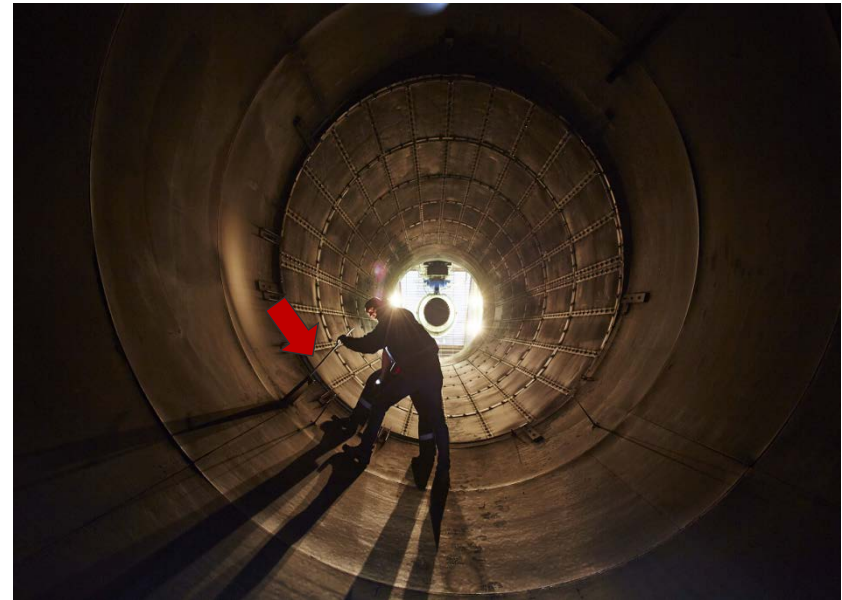
## Die Entwicklung seitdem

- Seit Flugerprobung durch Lufthansa mehrere hundert Linienflüge mit HEFA durch andere Fluggesellschaften
  - Besonders aktiv KLM und Alaska Airways
  - Überwiegend niedrige Beimischungsquoten (5-10%)
- FT-Kerosin bis heute noch nicht aus Biomasse erzeugt
- Zulassung von SIP-Kerosin erst 2014
  - Bisher nur wenige Flüge
  - Erster europäischer Linienflug mit SIP-Kerosin 15. September 2014 durch Lufthansa
  - Gegenwärtig von Air France einmal wöchentlich auf Strecke Paris – Toulouse eingesetzt
- Bisher sämtliche Flüge ohne technische Auffälligkeiten



# Emissionswirkungen

- Messung der Auswirkungen von Biokerosin auf Triebwerksemissionen durch Lufthansa und DLR im Rahmen verschiedener Projekte
- Keine Auswirkungen auf Lärmemissionen (burnFAIR)
- Keine oder positive Auswirkungen auf CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> (burnFAIR, HBBA-Studie)
- Deutliche Verbesserung der Ruß- und Partikelemissionen durch Beimischen von Kerosin (HBBA-Studie, Messflüge des DLR)
  - Gegenwärtig zugelassene Biokerosine sind aromatenfrei
  - Verbesserung des Verbrennungsverhaltens durch Verdünnung des Aromatengehaltes des konventionellen Kerosins



# Biomasse

- Der kritische Punkt beim Biokerosin ist die Biomasse.
- Intensive politische Biomassediskussion
  - Tank-Teller-Debatte
  - Zweifel an Nachhaltigkeit
  - ILUC-Debatte
- Produktion aus Biomasse teurer als aus Rohöl
  - Erforderliche Biomasse oft teurer als fertiges fossiles Produkt
  - Konkurrenz mit Lebensmittelnutzung muss schon aus Kostengründen vermieden werden
- Nutzung anderer Einsatzstoffe wünschenswert
  - Nutzung von Abfällen politisch unterstützt, aber Aufkommen begrenzt
  - Algen hohes Ertragspotential pro Hektar, aber Umsetzbarkeit fraglich
  - Technische Verfahren wie z.B. CO<sub>2</sub>-Recycling mittelfristig aussichtsreich
- Biomasseverfügbarkeit für Kerosinerzeugung von Gesamtenergiemarkt abhängig



# Die nächsten Schritte

## ▪ Technisch-operative Entwicklungen

- Zulassung weiterer Produktionsverfahren (ATJ, CHJ, Pyrolyse)
- Zulassung vollsynthetischen Kerosins (enthält Cycloalkane und Aromaten)
- Nutzung von Biokerosin im Flughafen-Hydrantensystem

## ▪ Regulatorische Entwicklungen

- Erprobung der Anrechnung von Biokerosin im ETS
- NATO-weite Zulassung des militärischen Geräts für Nutzung von Biokerosin
- Generalisierte REACH-Registrierung von Biokerosin analog zu konventionellem Kerosin

## ▪ Politische Entwicklungen

- Integration von Biokerosin in ICAO MBM-Verfahren
- Vorübergehende staatliche Förderung von Biokerosin grundsätzlich wünschenswert
  - In USA durch Einbeziehung von Biokerosin in RIN-Verfahren gegeben
  - Nur sinnvoll, wenn langfristig und verlässlich
- Nationale Biokerosinquoten aus LH-Sicht nicht sinnvoll
  - Führt zu Wettbewerbsverzerrungen
  - Droht in Indonesien

# Die Rolle von JT



- Von 2010 bis Mitte 2015 im LH-Konzern zuständig für Biokerosin
  
- Wichtigste Erfolge und Aktivitäten
  - burnFAIR
    - A321 HEFA-Praxiserprobung
  - HBBA-Studie:
    - Untersuchung des Mischungsverhaltens von verschiedenen Arten von Biokerosin mit fossilem Kerosin sowie des Emissionsverhaltens von Biokerosin
  - Beiträge zur Zulassung von HEFA- und SIP-Kerosin
  - Vertretung der Lufthansa in Biokerosinfragen gegenüber deutschen Ministerien und der Europäischen Gemeinschaft
  - Mitgründung der aireg e.V. (aviation initiative for renewable energy in Germany)
  - Führende Rolle in Flightpath 2020-Initiative der EU
  
- Aufgabe wird gegenwärtig in Linienfunktion überführt